Vol. XII, Pt. 4, 1961

蝶と蛾 Tyō to Ga

(Transactions of the Lepidopterological Society of Japan)

創立15周年記念論文集

Fifteenth Anniversary (1960) Commemorative Publication

アゲハチョウ属の種間雑種の研究

阿 江 茂[1)]

A Study of Interspecific Hybrids in Papilio

By SHIGERU A. AE[1)]

生物の種間の本質的な差異を研究し，その分化の過程を調査する最も有効な方法の一つは，人為的に種間雑種をつくって，その性質を調べることである．即ち生物の種の相違点となっている特徴が実際にどの程度の遺伝的な相違からなっているか，又表面にあらわれないような遺伝的な相違がどの程度ふくまれているかを，種間雑種の種々の形質の遺伝様式の研究や，その受精率，羽化率，生殖能力の調査等によって調べるわけであるが，言うまでもなく，種は互によく隔離されていて，産地を全く異にする異所性の近似種間の雑種も容易につくることが出来ない．加えるに動物特にチョウ等は交尾前の所謂求愛行動が複雑であるため，人為的に交尾させることは容易でなく，累代飼育はこれまであまり試みられたことがなかった．しかしチョウを飼育箱中で交尾させることは必ずしも不可能でなく，筆者もモンキチョウ属の数種において種間交配に成功しているが（AE, 1959），最近に至って求愛行動を省略して交尾させ得る hand pairing 法が多くの種に適用されることがわかり，累代飼育による種々の研究が次第に盛となってきた．

アゲハチョウ属(*Papilio*)は非常に hand pairing が容易であり，広く世界に分布して多数の種がこれに属して居り，又近似種が非常に多いので，このような研究に最も適した材料の一つである．

英国 Liverpool 大学の C. A. CLARKE, P. M. SHEPPARD の両博士は擬態（mimicry）が如何にして生じてきたかを遺伝学的に研究するために，先ずジャコウアゲハのグループに擬態していると言われる北米のクロキアゲハ（*Papilio polyxenes* LINNÉ）及びその他の黒いキアゲハとその祖先と考えられるキアゲハ(*P. machaon* LINNÉ)との遺伝的関係を調べ（CLARKE & SHEPPARD, 1953, 1955, 1956），更に擬態の最も有名な例の一つであるアフリカのオスジロアゲハ（*P. dardanus* BROWN）について研究を進めている（CLARKE & SHEPPARD, 1959a, b; 1960 a, b, c,）．一方米国 Yale 大学の C. L. REMINGTON 博士は北米でよく分化しているキアゲハ群の種間の関係を調べるためにそれらの種間雑種の研究を続けている（REMINGTON, 1958）．筆者はキアゲハ群の種間の関係及び日本産のアゲハチョウ属の相互関係を種間雑種の面から解明する目的をもって，1957年には Colorado 州の Rocky Mountain Biological Laboratory において，1958年以後は名古屋の南山大学において種間雑種の研究を

---

1) 名古屋市昭和区 南山大学生物学研究室 Biological Laboratory, Nanzan University, Shôwa-ku, Nagoya.

続けている．その経過は毎年の日本遺伝学会の大会で報告すると共に，個々の種間雑種の研究については，すでにその一部を三つの報文にまとめたが（AE, 1960, 1962, in press），種々の組合せを十分な数だけ試み，近似の程度についてまとまった比較をするには多くの研究家の実験結果を綜合し得るとしても，なお長年月を必要とすると思われるので，この報文においてこれまでの研究結果を要約して，可能な限り種間の比較を試み，同学の方方の資料に供したいと思う．

研究材料及び研究方法

研究材料としては日本産のキアゲハ（*P. hippocrates* FELDER），アゲハ（*P. xuthus* LINNÉ），クロアゲハ（*P. protenor demetrius* CRAMER），モンキアゲハ（*P. helenus nicconicolens* BUTLER），オナガアゲハ（*P. macilentus* JANSON），ナガサキアゲハ（*P. memnon thunbergii* VON SIEBOLD），シロオビアゲハ（*P. polytes polycles* FRUHSTORFER），カラスアゲハ（*P. bianor dehaanii* C. et R. FELDER），ミヤマカラスアゲハ（*P. maackii tutanus* FENTON），及び北米産のクロキアゲハ（*P. polyxenes* LINNÉ），ロッキーキアゲハ—仮称—（*P. "brucei"*），メスグロオオトラフアゲハ—仮称—（*P. glaucus* LINNÉ），クスノキアゲハ（*P. troilus* LINNÉ），（第1～18，32～39，48～55図参照）を現在までに用いた．日本産の各種は愛知，岐阜，大阪，京都，静岡，新潟，福岡，鹿児島の各府県，北米産のものは Connecticut 州及び Colorado 州に産する材料を使用した．

REMINGTON (1960) によれば日本産のキアゲハ（第1～4図）は次の理由から *P. machaon* LINNÉ の亜種としてでなく別種として扱っている．即ち，1. 日本のキアゲハとヨーロッパのキアゲハの F_1 雑種には♂に比べて♀が少くあらわれる —HALDANE の法則— 2. ヨーロッパのキアゲハの染色体数は n=30 であるが，日本のそれは31である．3. 日本のキアゲハの翅はヨーロッパのキアゲハの翅より長くせまい．4. 日本産の夏型の♀は非常に大きく又非常に黒みがかっている．5. 日本の近くに分布する他の少数の亜種 *amurensis, sachalinensis* 等をふくめて日本，朝鮮，満州，アムール，樺太に産するキアゲハはアラスカ及び中国の中心部のキアゲハと分布の点で不連続となっている可能性がある（即ち中間型を存しない．）．以上のことがすべて確認されれば日本のキアゲハは明かに別種と考えねばならず，且つこれに反するようなデーターも存在しないので，この報文ではキアゲハを *P. machaon* とは別種として扱ったが，九州大学の白水隆助教授は分布等の点で疑問を持って居られ，今後の研究を必要とする．又ロッキーキアゲハ（第7，8図）は Colorado 州等のロッキー山の高地にのみ産する特殊なキアゲハであり，分類上の位置を再検討中の種であり，本当の *brucei* ではない．

交配はすべて hand pairing 法によった．この方法は一言で言えば，♀♂の尾端を人為的に近づけて，交尾がおこればそのまま静かな暗い場所等におくわけであるが，この際交尾が正常におこると種間交配でも完全に静止して尾端の運動のみが観察される．交尾時間はアゲハチョウ属では1時間乃至2時間が適当のようであり30分以内にはなれたものは，産卵しても受精卵を全くふくまない場合が多く，又長時間にわたる時は交尾は見かけ上正常に見えても，分離が困難な場合が多く，交尾そのものが正常でない場合が多いと考えられ，実際に受精卵が得られる場合も少い．分離の困難に種間交配による結果も考慮しなければならないが，現在までには或種の交配が特に分離困難であると言った結果は知られていない．受精卵をうむに必要な最小及び最適の交尾時間は交配の種類による差も考えられ，正確なことは全く不明であるので，約20分位以内に分離したものは再度の交配を試み，採卵は設備の許す限りすべての交尾した♀より試みている．なおこの方法を用いれば，正常に羽化した♀♂や野外で採集した♂は適当な相手がある限り，アゲハチョウ属のうちでは種間交配でも大部分交尾させることが可能であり，且つ♂は何回にわたっても使用可能であり，飼育箱中にはなして交尾を待つ方法に比べれば成功率は非常に高い．羽化した♂は気温によって異なるが二日目位から使用可能であり，♀は種類によって異なるが羽化直後に最も交尾しやすい種類と，羽化の翌日が最も交尾しやすい種類があるようである．

次に採卵であるが，筆者は直径15cm位の植木鉢に食草をうえつけるか或は枝をさして，それに直径12cm～15cm 位，高さ15cm 位のガラス円筒をかぶせ，その上をナイロンのベール等でおおい，その中にチョウをはなし

て，この容器を螢光灯の下におく方法を用いている．螢光灯は普通の昼色光のものを用い10本つめて並べた装置をチョウの容器の上約30cm のところにおき，更に側面より普通の電球2～4個を時折補助的に用いて，温度の過度な上昇に注意して，かつ出来るだけ昼の明るさに近い状態をつくって，晴雨にかかわらず室内で卵が得られるようにしている．ナガサキアゲハ等はこの位の大きさの容器では，翅を十分にひろげることも出来ないが，適当な枝に止って翅の基部を十分に振動させることが出来さえすれば，産卵することが多く，どうしても産卵しない時は更に大きな容器で試みても，又袋に入れて屋外の枝にくっつけてもやはり成功しないようであるが，なお研究の余地は多い．しかし野外で採集した雌はまだあまり産卵していないと思われるものではたいてい卵を得ることが出来る．又研究室で羽化したチョウについては，卵が体内で成熟している限り産卵するようである．しかし一見健全な♀でも研究室で羽化させたものは，卵が成熟していない場合があるので，長期にわたって採卵を試みる必要がある．成虫の餌は普通一日一回蜂蜜を水で3倍位にうすめたものを，ピンセットでチョウの口器を引出して半ば強制的にすわせているが，これが最上の餌であるかどうかについては，まだまだ研究の必要がある．

産卵直後の卵は普通黄白色であるが，発生が始まるとキアゲハ等では常温で一日か二日の間に褐色の輪又は斑紋があらわれるので，これを基準として受精率を測定することが出来る．しかしカラスアゲハ等ではふ化直前に幼虫の眼が外部から見えるようになるまで，変色しないので外部から初期の発生を知ることは出来ない．

幼虫の飼育は普通風通しのよい部屋で，縦横高さが夫々 30cm位の飼育箱を用いて行っている．食草は新鮮なものが望ましく，特に若令幼虫の間は鉢植の食草を用いると経過がよいようである．病気の発生を最小限にとめることが幼虫飼育において最も大切な点であるが，殊に累代飼育を試みる時は伝染性の烈しいウイルス病に対する注意が重要であり累代飼育の成功不成功は主としてこの点にかかっていると言って過言でないようである．風通しのよい部屋を用いるのはウイルス病予防にとって特に重要であり，又飼育箱中の幼虫の数を多くしないことも大切である．筆者はなるべく一箱20頭以内にしているが，食草を常に十分に与えておくためにもこの位の数が望ましい．食草がきれて幼虫が飼育箱内を動きまわると病気にかかることが非常に多い．

蛹は枝や飼育箱の壁等で蛹化し，その位置からはなさない方が羽化が良好であるが，健全な蛹ならばはなしても殆ど羽化にさしつかえないので，分類等のために普通はなして，別の飼育箱で羽化させている．越冬蛹は冷蔵庫中に保存しておくと，普通夏まで羽化時期をおくらせても羽化率はあまり低下しないので適当な時期に羽化させることが出来，又非越冬性の蛹を1ケ月近く冷蔵庫中においても羽化率は低下しない．

なお日本においてのアメリカ産及びそれに関係した雑種の生虫の研究はすべての窓と戸が二重の網によって隔離された飼育室内で行った．

以上のような方法によって，交配，採卵，飼育を続けているが，その間に次のような点について記録をとって研究を進めている．

1) 交尾時間
2) 産卵数
3) 受精率
4) 卵内に幼虫の形成される率
5) ふ化率
6) 蛹化し得ない雑種について，各令に達する率
7) 蛹化率
8) 羽化率
9) 卵，幼虫，蛹，成虫の色彩，形態の記さい及びそれと両親との比較
10) 交配による雑種成虫の生殖能力の調査

発育中に死亡するものを病死と種間交配による遺伝的な欠陥による死亡に区別して記録することは容易ではないが可能な限り記録している．1令幼虫の比較は極めて重要であるので少数をアルコール漬標本として保存しているがまだくわしい調査はしていない．成虫は少数を標本とし，大部分は交配に用いている．

このような方法でデーターを集めているが現在までに得られた結果について，各雑種毎に大要を記し，最後に全体について考察を試みる．

（1） **クロキアゲハとロッキーキアゲハの交配**

これは筆者が主としてコロラド州のロッキー山生物学研究所で行った研究であるが，南山大学においても追試を行った．この交配は最初 Yale 大学のREMINGTON 博士によって得られた（REMINGTON, 1958）．博士は北米の中部東部に最も普通に産するクロキアゲハの♀（第6図）とロッキーキアゲハの♂（第7図）のかけあわせを行った．食草は共にセリ科であり，クロキアゲハはキアゲハのように年何回か発生するがロッキーキアゲハは年1回の発生であり，共に蛹で越冬する．交配の結果非常に多数のクロキアゲハの♂にそっくりの♂とごく少数の不完全な♀を得た．筆者がロッキー山で1957年7月行った追試では78頭の♂（第19図）と1頭の⚥型（第21図）を得た．⚥型の翅は♀の地に♂の部分が多く散在している．生殖器については目下斉藤和夫氏によって研究中である．この他に♀と推定される多数の蛹を得たが，その多くのものは2年間即ち1960年春まで生きていたが，遂に1頭も羽化せず全部死亡した．ところが筆者がこれまで試みられなかった逆交配を試みたところ8月に羽化したものはすべてクロキアゲハの♀にそっくりの♀であり（第20図）計17頭に達したが，♂は年内に全く羽化せず翌春になって9頭羽化した．しかも春には♀は全く羽化しなかった．チョウの種間交配で逆交配による違がはっきりあらわれているのは筆者の知る限りではこれが最初であるが，これには考察に値する問題をふくんでいる．即ち種間交配において成虫の性比にみだれが生じてくる時は，性染色体の組合せがホモの性の方が多く生づると言うことは HALDANE の法則としてよく知られているが，クロキアゲハ♀×ロッキーキアゲハ♂の場合はこれにあてはまるわけであるが，逆交配でむしろ♀の方が多く現われるので HALDANE の法則は適用出来ない．又この一つの解釈としてはクロキアゲハの W 染色体とロッキーキアゲハの Z 染色体の組合せは弱い（⚥型等になるために蛹が羽化能力を持たないか，化性の遺伝にみだれを生じて羽化しない等）が，ロッキーキアゲハのW染色体とクロキアゲハの Z 染色体の組合せは正常に成虫にまで達し得るとすることが出来る．なおロッキーキアゲハ♀×クロキアゲハ♂の組合せで♂が翌春にならなければ羽化しなかったのは，♂の蛹のみが越冬蛹となったわけであるが，これはロッキーキアゲハの一年一世代で蛹はすべて越冬すると言う性質が雑種の♂には優性に♀には劣性にあらわれた結果と考えることが出来る．蛹が越冬するか否かについては日長作用が大きな要因となっている場合が多いので，夏至以前にロッキーキアゲハやロッキーキアゲハとクロキアゲハの雑種が羽化期に達し得るように育てることを1958年春南山大学において試みた．その結果ロッキーキアゲハの種内交配とロッキーキアゲハ♀×クロキアゲハ♂の交配とその逆交配に成功して多数の幼虫を得たが，ウイルス病のために殆んどすべて5令幼虫で全滅してしまって殆んど目的を達することが出来なかった．しかしロッキーキアゲハ♀×クロキアゲハ♂の組合せから正常な蛹期間の後3♀♀と1♂が得られたので，夏至前には♂も越冬蛹にならないことは確認出来た．結論を得るためには温度も考慮して追試しなければならないが，日本においては材料を得ることが容易でないので，現在 REMINGTON 博士によるこの仕事の追試の結果を待っている．

なおクロキアゲハ♀×ロッキーキアゲハ♂の組合せのF_1♂と逆交配の F_1 の♀♂はいづれも生殖能力を有することを交配によってたしかめた．しかしウイルス病のために成虫に達したのはロッキーキアゲハ♀×クロキアゲハ♂の F_1♀と逆交配の F_1 ♂の交配からの F_2 の3♀♀のみであった．この3頭はクロキアゲハの♀と区別がつかなかった．

これらの交配の受精率，ふ化率等は第1表に示す如く雑種としては非常に高く，受精率は殆ど種内の交配とかわらない．

（2） **キアゲハとロッキーキアゲハの交配**

1958年に南山大学で行なった交配から，F_1 の成虫を3♀♀2♂♂（第22，23図）得た．得た雑種の幼虫の数は多数であったが殆どすべてをウイルス病のために失ってしまった．キアゲハ，ロッキーキアゲハ，クロキアゲハの3種の卵，幼虫，蛹の色彩，形態は，終令幼虫の各節の中央部にある3対の斑点がキアゲハでは橙赤色で他の2種では黄色であるほかは殆ど区別することが出来ない（第32，48図）．この橙赤色が黄色に対して優性であることが CLARKE とSHEPPARD 両博士（CLARKE & SHEPPARD, 1955, 1956）によってほぼ明かにされている

が，同じく両博士（1956）によって日本のキアゲハを用いた場合は優性が必ずしも完全でないことが報告されている．筆者の交配では F_1 の幼虫の斑紋は殆どすべて橙赤色で中にはややうすいと思われるものがふくまれていたが，黄色斑点からははっきり区別が出来た．これらの交配は主として夏に行なったが唯夏の終におこなった1対のロッキーキアゲハ♀×キアゲハ♂の交配より得た少数の終令幼虫の中には斑紋の色が橙赤色と黄色の中間に近いものもふくまれていた．キアゲハの橙赤色斑点の色には殆んど季節的な変化は見られないが，雑種における色の変化が季節的なものである可能性は否定出来ないので，これが遺伝的なものか季節的なものか或はその両方であるかについては今後の検討を必要とする．

ロッキーキアゲハの♀♂は外部生殖器による以外殆ど区別がつかないが，夏に羽化した F_1 の♀♂はかなりはっきりと区別が出来，日本のキアゲハの夏型に近い♀♂二型を示していた．後翅の眼状紋は大体両親の中間となった．得られた成虫の数がごくわづかであるので性比については殆どわからないが，キアゲハ♀×ロッキーキアゲハ♂において得られた3個の蛹のうち1個はすぐ病死したが，他の2個のうち小形のものは普通の蛹期間の後に♂として羽化したが，残りの大形の1個は真夏をふくむ2ケ月間生存したが遂に羽化せずに死亡した．この結果はクロキアゲハ♀×ロッキーキアゲハ♂の交配で♂のみが羽化し多数の大形の蛹が羽化しなかったのと同じ結果であり，一方ロッキーキアゲハ♀×キアゲハ♂で3♀♀1♂を得たことを考えあわせると，ロッキーキアゲハとクロアキゲハの交配におけると同じ逆交配による違がこの交配においても存在するのではないかと思われる．雑種の生殖能力は調査し得なかった．種間交配の受精率等は第1表に示す如く雑種としては非常に高い値を示している．

（3） キアゲハとクロキアゲハの交配

ヨーロッパのキアゲハとクロキアゲハの雑種は Clarke, Sheppard 両博士によって多く得られている（Clarke & Sheppard, 1953, 1955）．日本のキアゲハとクロキアゲハの交配においては♂が多く羽化し，又前述の如く終令幼虫の橙赤色斑点の色に変異があることが同じく両博士によって報告されている（1956）． 筆者の1958年及び1960年の交配はまだ追試の範囲を出ていないが，日本のキアゲハとクロキアゲハの交配でも，ヨーロッパのキアゲハを使った場合と同じくわづかの⚥型が生じてくることを知った（第24図）． 又 F_1 雑種の終令幼虫の斑点はすべて橙赤色で特にうすいものは見られなかった．性比も1960年度は必ずしも♂が多くならなかった．1958年度ではウイルス病にさまたげられて多くの幼虫を失った．1960年度は飼育幼虫数を少くしてウイルス病を或程度におさえ累代飼育にどうにか成功したが，蛹のうちに羽化しないで越冬を始めたものがかなりふくまれているので，まだ実験結果は細かく整理していない．種間交配の受精率等は第1表に示す通りで，やはり雑種としては非常に高い値を示している．

（4） アゲハとキアゲハの交配

アゲハは東洋特産のチョウで温暖な地方に普通である． 九州大学の白水助教授による♂の交尾器による分類（白水，1960）ではキアゲハ群に属しているが，終令幼虫の色彩斑紋は全くキアゲハ群のそれと異って居り，食草もアゲハは殆どヘンルウダ科に限られているのに対して， キアゲハ群はヘンルウダ科よりもセリ科を多く食している．Remington 博士は Yale 大学で日本産のアゲハとキアゲハの交配を行って成虫の1♂を得たが（Remington 1960），筆者は1958年と1959年に南山大学においてその追試を行って計29頭の F_1 の成虫を得た．Hand-paring はどちらを♂にとっても種内の交配と同じく容易であった． しかしこれは同種内の交配でもよくおこることであるが，交尾しても全く産卵しなかったり，未受精卵ばかりを産む場合が多く，受精卵を得ることは必ずしも容易でなかった． この交配では約1時間又はそれ以上の時間にわたって交尾した数は38対でそのうち受精卵をふくんだ卵は12対より得られた．アゲハの卵は産卵後に褐色の斑紋等があらわれないが，幼虫の眼の色が卵をすかして見える時期が早いので受精率の測定は一応可能である．キアゲハでは1日か2日のうちに褐色の斑紋があらわれるので受精率の測定は最も容易である． F_1 雑種の卵はどちらに♀をとった場合でもかなり早く斑紋があらわれ，それはキアゲハのようにははっきりしなかったが受精率の測定は容易であった．受精率，

ふ化率等は非常に高い場合も低い場合もあらわれたが，このようなみだれはこの後に記すすべての種間交配で生じた．この報文では参考のために第2表にキアゲハとアゲハの交配の場合のみを記したが，すべての交配についての詳細な記録は保存している．このみだれの意味については一般考察で論ずるが，この報文では産卵された卵の中に1個でも受精卵をふくんでいる場合のみを合計して各種の種間交配の受精率等を計算した（第3表）．ところでこの交配の受精率は第2，3表に示す如く，特別に高いものを除いては，前記の3種の典型的なキアゲハ群内の種間交配に比べて明かに低く，その傾向はふ化率において更にいちじるしい．

F_1 の幼虫は若令ではアゲハに似て居り，終令に近づくとキアゲハに似てくる（第56図）．キアゲハの終令幼虫に見られる緑色と黒色の縞模様は，雑種ではアゲハの終令幼虫の斜帯の位置で顕著にみだれているが，全体としてはキアゲハ形の終令幼虫と言うことが出来る．斑点の色は橙赤色でキアゲハと同様であった．老熟幼虫の大きさはアゲハ，キアゲハに比して非常に小さく，従って蛹も小形であった．食草は主としてセリとカラタチを用いたがいづれでもよく育った．蛹化はキアゲハ♀×アゲハ♂の交配では比較的正常におこり，多数の完全な蛹を得たが，アゲハ♀×キアゲハ♂では体のまわりに糸をかけ得た前蛹は全く得られず，従って蛹は尾端でぶらさがるか落下し完全な蛹は全く得られなかった．蛹の形は比較的アゲハに似て居り，色彩はキアゲハに似ていた（第40図）．蛹の地色はアゲハでは非常に変異が多いが大別して緑色，褐色，橙々色にわけることが出来る．一方キアゲハの蛹は褐色か緑色である．雑種の蛹はアゲハのように変異にとんでいるが緑色か褐色であり，橙々色はあらわれなかった．しかし橙々色があらわれないと結論するにはまだ調査数は十分でない．雑種の卵，幼虫，蛹の各期間の長さは，定条件飼育で正確に調べることが出来なかったが，殆んど同時に育て且つほぼ同様の発育期間を持っている両親の種と比較して日を単位として測定し得るようなずれは見られなかった．以後特に記するものを除いては，この報文に記した雑種で発育速度に大きなずれのあったものは見られなかった．

蛹が不完全な場合は羽化しても翅が十分のびなかった場合が多かったが，得られた成虫29頭はすべて♂で Haldane の法則によくあてはまっていた（第25図）．成虫は一見して両親の中間であり，自然界で雑種が発見されてもどちらか一方と間違える危険は全く存在しない．地色も大体両親の中間となるので，♂よりうすい地色を有するキアゲハの♀に似ていた．この地色をふくめて細い点を比較すると，4点はキアゲハに4点はアゲハに似て居り，4点で両者の中間となった．蛹が小さいので成虫も小形であり，夏期羽化したが大きなものでも，アゲハの非常に小形の春型位であった．この成虫の生殖能力についてはまだ十分の調査が出来ていないが，アゲハの♀に対して hand pairing が可能である．3対の交配に成功したが4個の卵を得たのみで受精卵はふくまれていなかった．

（5） アゲハとクロキアゲハの交配

Remington 博士は1957年に Yale 大学でクロキアゲハ♀×アゲハ♂から2♂♂を得たが筆者は1958年と1960年にその追試を行った．1958年には5対のクロキアゲハ♀×アゲハ♂の交配に成功して，そのうち2対から受精卵をふくんだ卵を得た．受精率等は第3表に示す通りである．幼虫の食草にはセリとカラタチを用いたがいづれでもよく育った．幼虫及び蛹の特徴はキアゲハ×アゲハの交配の場合と全く同じで，唯終令幼虫の各節中央の3対の斑点はクロキアゲハと同じく黄色であった．羽化した10頭のチョウはすべて♂であって，大きさはキアゲハ×アゲハの場合と同じく非常に小さいが，それ以外はクロキアゲハと区別がつかない位似ていた．細い特徴については11点でクロキアゲハに似，1点でアゲハに似，3点で両親の中間を示している（第26図）．1♂をアゲハに交配することに成功したが卵は得られなかった．

1960年に1対の上記の逆交配即ちアゲハ♀×クロキアゲハ♂に成功したが，得られた36卵中23卵が明かに発生を開始し全部幼虫が卵内に形成されたが1頭もふ化しなかった．これらの結果は Remington 博士のものとよく一致して居り，両実験を通じて得られた12頭の成虫のすべてが♂であったことは，Haldane の法則のあてはまることを意味している．

（6） ロッキーキアゲハとアゲハの交配

筆者はアゲハとキアゲハ群との関係をいっそう明かにするために1958年にアゲハとロッキーキアゲハの交配を

行い，15対 hand pairing に成功したうち2対より受精卵を得た．受精率等は第3表に示す通りである．クロキアゲハとロッキーキアゲハの幼虫，蛹は全く区別がつかないが，ロッキーキアゲハとアゲハの雑種の幼虫，蛹も前記のクロキアゲハとアゲハの雑種と全く同じであった．幼虫の食草には主としてセリを用いた．得られた5頭の成虫はやはり全部♂であった．大きさは前2雑種と同じく非常に小さく，外見は大体両親の中間となった(第27図)．細い特徴では4点でロッキーキアゲハに似，2点でアゲハに似，4点で両親の中間を示した．この雑種の1♂を2頭のアゲハの♀に hand pairing することに成功したが，卵は得られなかった．

(7) アゲハとクロアゲハの交配

前記のようにアゲハは典型的なキアゲハ群のチョウとはかなり違った特徴をもっているが，中でもいちじるしい相違を示すアゲハの終令幼虫は，クロアゲハ，オナガアゲハ，モンキアゲハ，ナガサキアゲハ等の終令幼虫にかなりよく似て居り，幼虫の食草も同じヘンルウダ科である．従ってこれらの種とアゲハの類縁関係を調べるのは興味ある問題であり，この項及びこれに続く項でアゲハとこれらのチョウの交配の結果を報告する．

クロアゲハとアゲハの交配は hand pairing で容易に得られ 1959年1960年にクロアゲハ♀×アゲハ♂5対，アゲハ♀×クロアゲハ♂12対から卵を得たが，受精卵はわづかふくまれていたのみであって，受精率は最良のものでも41%に過ぎなかった．ふ化したものは更に少なく，全体を通じて2頭のみであった．それらの幼虫は摂食を開始したが発育はおそく2令に達しなかった(第4表参照)．クロアゲハは産卵後発生を始めると卵の表面に褐色の斑紋があらわれ，アゲハとの雑種でもこの斑紋があらわれたので受精率の測定は可能であった．

(8) アゲハとモンキアゲハの交配

1959，1960年に9対のアゲハ♀×モンキアゲハ♂の hand pairing から卵を得ることに成功した．受精率は前記のクロアゲハとアゲハの雑種よりやや高く，最高のものでは71%に達した．モンキアゲハの卵も発生開始の時に褐色斑があらわれ，アゲハとの雑種の場合もこの褐色斑によって受精率を調べることが出来た．一旦発生を始めると大部分の卵は卵内で幼虫となったが，ふ化したものは全体を通じてやはり2頭に過ぎなかった(第4表参照)．このうち1頭は摂食を開始したが2令に達せず死亡し，1頭はふ化し得たのみですぐ死亡した．

(9) アゲハとオナガアゲハの交配

1960年に5対のアゲハ♀×オナガアゲハ♂の hand pairing から卵を得たが，うち4対が受精卵をふくんで居り，最高の受精率は74%であった．オナガアゲハの卵は受精後褐色斑をあらわさないので，幼虫の眼の色が外部から見えるようになるまで受精は推定出来ないが，その時期がアゲハと同じく比較的早いので眼の色のあらわれることで受精率の推定を行っているが，雑種の場合も同様にして推定した．ふ化は前記の2種に比して極めて良好で最高のふ化率は32%に達した．合計29頭の幼虫がふ化したが，ナツミカンの実生の若い葉やイヌザンショウの若芽等をよく摂食して，大部分は普通の発育速度で2令に達した．2令幼虫の摂食も大体良好であったが，発育速度は次第におそくなって死ぬものがやや多くなったが，2令の終に達したものは少くなかった．しかし多くの幼虫は2令の終の脱皮を完全に行えず死亡し，3令に達したものは3頭に過ぎなかった．3令幼虫も徐徐に生長して，一見オナガアゲハによく似た幼虫となり，アゲハの幼虫では見られずオナガアゲハ等の幼虫で見られる油をひいたような表面の感じがよくあらわれたが，2頭は3令中に最後の1頭は3令の終で脱皮に失敗して死亡した(第4表参照)．

(10) アゲハとナガサキアゲハの交配

1960年にナガサキアゲハ♀×アゲハ♂2対，アゲハ♀×ナガサキアゲハ♂3対から卵を得たが，その中にかなりの数の受精卵がふくまれていた．ナガサキアゲハの卵は受精後に褐色斑があらわれるので受精率の測定が可能であり，雑種の受精率も褐色斑によって測定出来た．得られた卵に比して得られた幼虫の数は比較的多く9頭に達したが，うち4頭は2令に達した．しかし3令に達したものは存在しなかった(第4表参照)．

(11) アゲハとカラスアゲハの交配

カラスアゲハの幼虫はキアゲハ，アゲハ，クロアゲハ等のいづれとも非常に異って居り，食草はヘンルウダ科

である．又蛹も独得な形を有している．1959，1960年に9対のカラスアゲハ♀×アゲハ♂，11対のアゲハ♀×カラスアゲハ♂から卵を得たが発生を開始したものは極めてわづかであった．しかしカラスアゲハの卵は外部に全く発生開始を推定し得る変化がおこらず，ふ化直前になって幼虫の眼の色があらわれるので受精率の測定は不可能であり，カラスアゲハ♀×アゲハ♂でも卵内に幼虫が形成されたもののみが確認し得たのみであったが，その数は得られた222卵中1卵のみであった．アゲハ♀×カラスアゲハ♂の場合はかなり早く外部に変化がみとめられるが，その数は181卵中3卵のみであって，いづれの場合も全部ふ化しなかった（第5表）．

(12) アゲハとミヤマカラスアゲハの交配

ミヤマカラスアゲハはカラスアゲハの近似種であるが，アゲハとの交配においてはやや異った結果を示した．1957年に1頭のミヤマカラスアゲハの♂を使用して実験したのみであるが，この♂を3頭のアゲハ♀と交配してうち2頭から受精卵をふくむ卵を得た．受精率はアゲハ×カラスアゲハに比してずっと高く，しかも発生を開始した7卵全部がふ化した．幼虫はイヌザンショウの若芽をよく摂食したが発育速度はおそく，うち2頭が2令に達して，なお摂食を続けたが3令に達し得ず死亡した（第5表）．

(13) アゲハとメスグロオオトラフアゲハの交配

Remington 博士は1957年にメスグロオオトラフアゲハ♀×アゲハ♂の交配で多数の受精卵を得ているがふ化したものはなかった(Remington, 1960)．筆者は1958年に同様の交配から得た65卵中51卵の発生開始を確認し，うち50卵で卵内に幼虫が形成されたのを確認したが，ふ化したのは1頭のみであった．この1頭はメスグロオオトラフアゲハの食草である， ユリノキの葉を食って発育し蛹化したが，遂にチョウは羽化しなかった（第5表）．幼虫，蛹は小形であるが他の点ではメスグロオオトラフアゲハと全く区別し得ず，アゲハとメスグロオオトラフアゲハの幼虫，蛹は非常に異っているのにかかわらず，アゲハの特徴は全くあらわれなかった（第41，57図）．従って卵が単性的に発生した可能性は否定し得ない．メスグロオオトラフアゲハの幼虫が葉上に糸ですみかをつくってそれに静止する習性もそのままみとめられた．

(14) モンキアゲハとクロアゲハの交配

モンキアゲハ，クロアゲハ，オナガアゲハ，ナガサキアゲハ，シロオビアゲハは，成虫の翅形，斑紋等は互にかなり異っているが，幼虫，蛹の形態，斑紋等は互に非常によく似て居り，種間交配による近縁関係の調査は興味のある問題である．

筆者は先ず1959年にモンキアゲハとクロアゲハの交配を試み，4対のクロアゲハ♀×モンキアゲハ♂と1対のモンキアゲハ♀×クロアゲハ♂の hand pairing から受精卵を得ることに成功した（第6表）．受精率，ふ化率等は全体としては予期した程高くなかったが， 最高の受精率は98%， ふ化率は82%であった．幼虫はナツミカン，ウンシュウミカン，キハダ，カラタチでよく育ったが，これらの食草が十分でなかったので，ふ化した100頭以上の幼虫の過半数はイヌザンショウで育てねばならなかった．ナツミカン等で育てた幼虫が半数近く蛹化したのに対して，イヌザンショウで育てたものは発育速度がおそく殆んど幼虫時代に死亡し1頭の蛹を得たのみであったが，遂にこの蛹も羽化しなかった．クロアゲハの幼虫はイヌザンショウでよく育ちモンキアゲハの幼虫は殆んど育たないから，雑種の幼虫はクロアゲハの性質を優性にはうけついでいないわけである．

クロアゲハとモンキアゲハの幼虫は非常によく似て居るが，容易に区別出来る違は終令幼虫の腹部の2斜帯がクロアゲハではいづれもつながっているのに対して，モンキアゲハでは普通第1斜帯は中央で，第2斜帯は中央と側面の3点で不連続になっている点である（第50，51図）． 雑種の幼虫は大体両者の中間となったが，変異が多く，どちらかと言えばモンキアゲハに近く明瞭に不連続な斜帯を有する個体が多かった（第58図）． 蛹も両種で大差はないが，腹面の胸部と腹部の間の角度がモンキアゲハはクロアゲハに比してずっと鋭い点ではっきり区別出来る（第34，35図）．雑種ではこの角度は鋭くモンキアゲハと殆んど同程度であった（第42図）．

得られた15頭の成虫はすべて♂であって， Haldane の法則はここにも適用される．少数♀と推定される大形の終令幼虫を得たが，蛹化前に全部病死した．成虫の大きさは同時に育てたモンキアゲハ，クロアゲハに比して

かなり小形で，翅形は全体としてはモンキアゲハに似ていた（第28図）．モンキアゲハの特徴である後翅の白色紋とクロアゲハ♂の後翅の白帯は，雑種では連続してあらわれたが両親程明瞭でなく，特に裏面の白色紋は殆んど消失している個体もみられた．又雑種の裏面の白色紋の基部に赤色鱗がかなり鮮明にあらわれたが，これはモンキアゲハにもクロアゲハにも見られない特徴であった．その他細い点では種々の差異がみられた．

雑種はクロアゲハ♀（2対）とモンキアゲハ♀（1対）に戻し交配することに成功したが，♀の方が健全でなかったために卵を得ることは出来なかった．

(15) クロアゲハとシロオビアゲハの交配

白水助教授の♂の交尾器による分類（白水，1960）ではクロアゲハとシロオビアゲハは同じ群に属しているが，五十嵐邁氏の好意で1960年に鬼界ケ島産のシロオビアゲハ（第14図）を用いることが出来，クロアゲハ及びモンキアゲハと交配した．シロオビアゲハの卵も発生を始めるとすぐ褐色斑があらわれるので，同様の性質を持つクロアゲハ，モンキアゲハの雑種の受精率の測定は容易であった．

シロオビアゲハ♀×クロアゲハ♂1対を交配し得たのみであったが，得た20卵中1卵には全然変化があらわれなかったが，他の19卵は発生を開始して全部ふ化した（第6表）．幼虫は標本にした1頭，くもに食われた1頭を除いて14頭はナツミカン，3頭はカラタチで育てた．発育は順調であったが途中で死亡するものが多く，ナツミカンで育てたものから3頭，カラタチで育てたものから1頭が蛹化したのみであった．死因については病気によるものか，遺伝的な原因によるものかは判定し得なかった．

クロアゲハとシロオビアゲハの幼虫は非常によく似ているが，シロオビアゲハの終令幼虫の腹部の第2斜帯は基部を除いて殆ど痕跡に近くなっているものが多く，第1斜帯も大体中央部できれているので区別は容易である（第50，54図）．雑種では得られた7頭の終令幼虫のうち3頭は第1斜帯が中央できれ，4頭はつながっていた．第2斜帯はすべて3ケ所できれていたが，連続した帯であることがはっきりわかる程度に間の斑紋は大きく，シロオビアゲハとは区別することが出来た（第59図）．シロオビアゲハの蛹はクロアゲハの蛹に比べて巾が広いが，雑種の蛹はシロオビアゲハの方に近かった（第34，38，43図）．4頭の蛹は全部羽化したがすべて♂であった（第29図）．大きさは研究室で育てたクロアゲハよりはずっと小形であったが，飼育したシロオビアゲハとは大差なく，翅形もシロオビアゲハに似ていた．シロオビアゲハの特徴である後翅の白帯は雑種にあらわれたが，モンキアゲハの白紋のある位置の紋は非常に小さくなり，全体としても個々の紋はモンキアゲハとクロアゲハの雑種のように地色の黒色との境界が非常に不鮮明でシロオビアゲハのように夫々の紋がはっきりしていなかった．クロアゲハの♂の後翅の白帯は雑種にはあらわれなかったが，その位置にごくわづかの白色鱗の存在を確認し得た．又雑種の白帯の基部にはモンキアゲハとクロアゲハの雑種の場合と同様に多くの赤色鱗があらわれたが，これはシロオビアゲハにも見られない特徴であった．又雑種は外見上生殖能力を有するように見えるが，適当な♀がなかったために，1頭の発育不十分なクロアゲハの♀に戻し交配し得たのみで卵は得られなかった．

(16) モンキアゲハとシロオビアゲハの交配

前記の交配に続いて，シロオビアゲハ♀×モンキアゲハ♂の交配を1対試みて成功し，86卵を得た．受精率，ふ化率は夫々に78%と65%であった（第6表）．幼虫は32頭をナツミカン，24頭をキハダで育てた．最初の発育はいずれの食草においても良好であったが，キハダでの発育は幼虫期の後半で悪くなり少数しか蛹化しなかった．ナツミカンで育てたものからは16頭，キハダで育てたものからは2頭の成虫が羽化したがすべて♂であった．

終令幼虫の腹部の2斜帯は両親の中間よりはモンキアゲハに似ていたが，蛹の形はシロオビアゲハの方に近かった（第35，38，44，51，54，60図）．成虫の大きさは飼育したモンキアゲハよりは小形であったが，シロオビアゲハとはかわらなかった（第30図）．翅形は全体としてモンキアゲハに近く，シロオビアゲハの特徴である後翅の白帯は表，裏面共に非常に鮮明にあらわれ一見シロオビアゲハによく似ているが，モンキアゲハの白紋のある部分の紋はシロオビアゲハの白帯の紋よりずっと大きく，シロオビアゲハとの区別は容易であった．

蛹や終令幼虫には♀と推定されるような大形のものは全くあらわれず，♀は若令中に死亡したものと思われる．羽化した♂は外見上全く健全で生殖能力を有するように思われるが，適当な♀がないために交配を試みることが出来なかった．

(17) **ナガサキアゲハとモンキアゲハの交配**

1960年春に白水助教授によって福岡から送付されたナガサキアゲハの1♀より採卵後，モンキアゲハ♂にかけあわせたところ，spermatophore の形成されたことがはなれた直後外部よりみとめられ，その後の経過より雑種が生じたことを確認した．27卵中21卵が発生を開始して8卵がふ化した（第6表）．幼虫はナツミカンを用いて飼育した．終令幼虫の腹部の2斜帯の色はナガサキアゲハでは非常に白みがかって居り，モンキアゲハでは紫褐色であるが，雑種はモンキアゲハに近い色彩を有していた．ナガサキアゲハの第2斜帯は基部を除いては殆ど消失し，背面に2小点を有するに過ぎない．雑種では3ケ所できれているが，連続した帯としてはっきりみとめられ従ってモンキアゲハに似ていた（第51, 53, 61図）．計6頭の終令幼虫を得たが，うち4頭が蛹化の脱皮に失敗して死亡し，2頭は蛹化したが比較的小形で不完全であり，いづれも羽化しなかった（第45図）．

(18) **ナガサキアゲハとオナガアゲハの交配**

1960年にオナガアゲハ♀×ナガサキアゲハ♂の1対の交配から2卵を得たが，両卵ともふ化した（第6表）．幼虫はカラタチで飼育したが1頭は4令で死亡し，1頭は蛹化した．終令幼虫の腹部の斜帯の色はオナガアゲハでは黒紫色であるが，雑種ではナガサキアゲハ程ではないがかなり白色がかっていた．雑種の幼虫の第1斜帯は連続して居り，第2斜帯は3ケ所できれていて，大体においてオナガアゲハに似ていた（第52, 53, 62図）．蛹は小形であり，オナガアゲハに似て非常に細長かったが不完全で遂に羽化しなかった（第36, 37, 46図）．

(19) **オナガアゲハとクロアゲハの交配**

1959年にオナガアゲハ♀×クロアゲハ♂の1対の交配から5卵を得たが，全部発生を開始し，2卵がふ化した．幼虫はイヌザンショウで育てたが，1頭は3令で1頭は5令の始で摂食を始めることなく死亡した．1960年にはクロアゲハ♀×オナガアゲハ♂の2対の交配から卵を得，うち1対が受精卵をふくんでいたが1頭もふ化しなかった（第6表）．

(20) **カラスアゲハとミヤマカラスアゲハの交配**

カラスアゲハとミヤマカラスアゲハは非常によく似て居り，多くの相違点はあるが，夫々の種の変異の巾が大きいためにまぎらわしい個体も多く，一つの特徴のみをもって両種を区別することは必ずしも容易でない．

1958年に1頭のミヤマカラスアゲハの♂を3頭のカラスアゲハの♀に交配したが，そのうち1頭のみから明かに発生を開始した卵を得た（第7表）．ふ化した4頭の幼虫はイヌザンショウで育てたが，2頭が蛹化し2♂♂を得た．筆者はまだミヤマカラスアゲハの幼虫，蛹を十分に観察する機会を持たないので，細い比較は困難であるが，ミヤマカラスアゲハの幼虫の特徴である第9節の後縁両側の1対の小突起は，雑種においてもみとめられた（第55,63図）．両種の蛹の形はよく似ており，色彩には共にいろいろ変異が知られている．雑種の蛹は2頭とも黄褐色で背面中央に沿って褐色の線が走って居り，その他にも濃淡の色彩を有していた．この色彩はミヤマカラスアゲハの色彩によく似ているようであるが，カラスアゲハの蛹にも普通の緑色と褐色の他に，上記と同じような色彩を持ったものがあらわれるので，いずれに似ているとも結論出来ない（第39, 47図）．

2頭の成虫はカラスアゲハの飼育した夏型と同程度の大きさであった（第31図）．ミヤマカラスアゲハによく発達している前後翅表面外縁の明色帯は1頭ではよく発達し，他の1頭ではあまり発達していなかった．又2頭ともこの明色帯と他の部分との境界がはっきりせず，必ずしも帯とは言いがたい色彩を示していた．後翅裏面の白色帯（ミヤマカラスアゲハには普通存在する）は2頭とも全く有していなかった．前翅裏面の白色帯はカラスアゲハでは後方より前方に向ってひろがり，白色帯の内側は中室にかかって居るのに対して，ミヤマカラスアゲハではこの白色帯は殆んど同じ巾で内側線は中室にかかっていず，これが例外なしにミヤマカラスアゲハとカラスアゲハを区別し得る特徴となっているが（白水，1959），雑種では2頭とも内側線が中室にかかっていず，一見

はミヤマカラスアゲハに似ているが，巾は明かに後方より前方に向って太くなっていた．

2頭の雑種のうち1頭をカラスアゲハの2♀♀に交配し，合計56卵を得たが，どの卵からも幼虫の形成を示すような変化を外部から観察し得なかった．

(21) カラスアゲハとクスノキアゲハの交配

北米のクスノキアゲハ（第18図）の蛹はカラスアゲハ群の蛹と非常によく似ているので，その近縁関係を調べるために1960年に多数のクスノキアゲハの蛹を用意したが，羽化が非常に悪く羽化した成虫も非常に弱かったので，十分な実験を行うことが出来なかった．しかしカラスアゲハ♀×クスノキアゲハ♂の1対の交配から得られた3卵中2卵がふ化はしなかったが，発生がかなり進んだことを外部から確認することが出来た（第7表）．

(22) カラスアゲハとモンキアゲハの交配

1959，1960年にカラスアゲハ♀×モンキアゲハ♂の5対の交配から合計189卵を得たが，どの卵からも外部から発生を示すような変化がみとめられず全くふ化しなかった（第7表）．前記のようにカラスアゲハの卵はふ化直前まで変化が外部にあらわれないので，この交配の場合も外部から観察したのみであるので初期発生を始めたか否かについては知り得なかった．

一般考察

以上のようにこれまでに21種類の雑種を得ることが出来，そのうち10種類は成虫に達した．この中にはごくわづかの試みで成功したものもふくまれ，かなりの数の交配を試みて受精を確認し得なかったのは，カラスアゲハとモンキアゲハの交配のみであって，アゲハチョウ属の種間雑種は，求愛行動を省略した条件下ではかなり容易に生じることを示している．また得られた10種類の成虫のうち7種は♂のみであったことは HALDANE の法則が，アゲハチョウ属の種類に広く適用されることを示している．又この報文で大要を示したように，これらの種間雑種の主な特徴についてはかなり詳細な比較をすることが出来たが，それらの個体変異についてはまだ殆んど手をつけていない．これは各種自身の実験室内で飼育したものについての個体変異の研究があまり行われていないためで，先ずこの方の研究を進めている．両親の個々の形質の差については，それが F_1 においてはっきり優劣をあらわす場合と中間になる場合がいずれもでてくるが，それらの詳細な遺伝様式については，F_1 のみでは殆ど調査不能で今後の研究に待たねばならない．

一方種間雑種の受精率の高低から成虫の生殖能力の有無に至る一連のデーターより，各種の近縁度を比較することは，これらの結果のみからも或程度可能である．即ち種間雑種が容易に生じ生殖能力もかなり有しているキアゲハ群内の種間雑種と比較して，アゲハとキアゲハ群の種間雑種は一般的にかなりおとっているので，種間雑種の立場からはアゲハをキアゲハ群の一種とすることは適当でないと考えられる．しかしアゲハと終令幼虫がよく似ているクロアゲハ，モンキアゲハ，オナガアゲハ，ナガサキアゲハとアゲハの交配の結果と比較すると，アゲハはこれらのものよりははるかにキアゲハ群に近縁であることは明かである．又互に成虫の翅形，色彩等はかなり異っているが，幼虫，蛹等はよく似ている，クロアゲハ，オナガアゲハ，モンキアゲハ，シロオビアゲハ，ナガサキアゲハについては，調べられた限りではクロアゲハ，モンキアゲハ，シロオビアゲハの3種ではどの組合せで交配しても，アゲハとキアゲハ群の間の種間交配に似た結果が得られたので，まだまだデーターは十分でないが，アゲハとキアゲハ群の間の程度の近縁度は少くとも有すると考えられる．

ところでこの報文でもキアゲハとアゲハの交配の例で示したように，同じ種類の種間交配でもその結果が非常に良好な場合と悪い場合があり，それは両親に用いた個体の遺伝的な差によるものか即ち個体的に近縁度に差があるのか，或いは個体の健康状態，雑種の飼育条件等が原因となっているかを調査することは容易でない．前者の場合ならば各交配の受精率等の平均値がその種間交配の受精率等となるわけであり，後者の場合では最良の結果がその交配の受精率等となるわけである．ところで最良の結果と平均値の開きは普通非常に大きいので，いづれの場合が真であるとしても（実際は両方の場合が重っていると考えられるが），わずかのデーターより結論

を下すことは極めて危険である．又外見上正常な交尾の後産卵された多数の卵が全部未受精卵であることがたびたびあるが，これは同種間の交配でもおこり，交尾はみかけの上で正常でも spermatophore が形成されなかったりした場合と考えられるので，受精率等の平均値を出す計算より除いているが，ごくわずかの受精率しか有しない交配の場合では，うまれた卵全部が未受精卵となる場合も考えられるので，この面でも今後の研究を必要とする．殊に全部がマイナスのデーターである時は，その多く又は全部が種間の差よりも他の原因による場合が考えられるので，十分の数を試みなければ結論を示すことは出来ないが，カラスアゲハとモンキアゲハの交配は，他の交配の結果から推測して用いたチョウは両種とも完全なものであったと考えられるので，この両種の間では雑種が全く出きないか，ごくまれにしか生じないことはほぼ確実であると思う．しかしこれとても遺伝的に普通の個体と異なり交配可能なものが少数ふくまれていることも考えられるので，雑種の成虫をつくり得るチャンスも全然ないとは言えない．

一方 hand pairing 法は完全な人工受精ではないから，実際には近縁であっても，種の隔離が求愛行動及びメカニカルな交尾以外の点で確立されているために雑種を生じない可能性もあるから，この方法で雑種が出来る程度のみで近縁関係を結論することはもとより危険である．又受精率の測定についても，各種によって外部に変化があらわれる時期が異なるので，発生初期に死亡するものについては，早く変化が外部にあらわれる種では変化があらわれてから死亡し，おそくあらわれるものでは未変化のまま死亡すると言ったことがおこり得るので，現在の方法では受精率の測定そのものが必ずしも正確でないと共に，特に比較の点ではかなりの危険を伴っている．又ふ化についても，卵内に幼虫が不完全にしか形成されないためにふ化しない場合と，幼虫は完全に形成されても唯卵かくよりの脱出のみ不可能である場合が考えられ，この場合ふ化率は同様となっても近縁度は異って居るわけであるから，ふ化率のみを問題とすることもやはり危険が伴う．従って最後的な結論を見出すまでには，研究しなければならない点が多々残されている．

九州大学の白水助教授等によって研究が進められている食性の進化の問題は，種間雑種の食性を調べることによっても進めることが出来るが，筆者は飼育中に各種自身が野外では普通利用しない食草や，異常食性としてまれに食していることが報告されているような食草でも，それのみしか與えないと案外利用し得るものが多いと思われるようなデーターを二三得たので，余分の卵を得た時はその種の普通の食草ではないが他のアゲハチョウ属の食草やそれに近縁な植物を与えて研究を続けている．データーはまだ十分まとまっていないが，プラスのデーターのみを要約すると，先ずアゲハの幼虫は野外でもまれにセリ（高橋昭・通信）とコスモス（白水・通信）で発見されるが，研究室でセリ又はコスモスのみで成虫まで育てることが出来た．又日本には北米のクスノキアゲハのようなクスノキ科を食するアゲハチョウ属は居ないが，カラスアゲハ・クロアゲハがクスノキで少くとも3令までは育つことを確認した．このような例から考えると，種間雑種の食性は各種の利用し得る食草を十分に研究した上で，論じなければならないことは明かである．

自然界におけるチョウの種間雑種についても，最近研究が進められているが，北米ではキアゲハ群及びオオトラフアゲハ群でその存在がほぼ確認されているようである．日本のアゲハチョウ属ではまだその報告を聞かないが，自然界における交配については筆者の知る限りではアゲハとキアゲハ（梅本，1954）ナガサキアゲハ♀とオナガアゲハ♂（二竹，1956）の交尾が報告されている．筆者の得た雑種について考えると，カラスアゲハとミヤマカラスアゲハの雑種を除けば普通の変異と間違われる危険のあるものは存在しないが，単なる異常形と考えられる場合はあり得ると思われる．いずれにしても，自然界で交尾が観察される以上は，雑種の生ずる可能性は十分存在すると考えねばならない．

要　　約

（1） 筆者は1957年から生物の種間の本質的な差を調査して，その分化の過程を研究するために，日本及び北米産のアゲハチョウ属を用いて，種間交配を行ってその受精率，ふ化率，羽化率，種間雑種の生殖能力等より

種間の近縁度を調べ，又種の差を形成している形質の遺伝様式を研究している．1957年度はロッキー山生物学研究所において，それ以後は南山大学において研究を続けているが，この研究の完成には長年月を要するので，中間報告としてこれまでの研究結果を要約した．

（2） 交配は hand pairing 法により，採卵には螢光照明を用い，幼虫飼育には普通の飼育箱を利用した．

（3） クロキアゲハ×ロッキーキアゲハ，キアゲハ×ロッキーキアゲハ，クロキアゲハ×キアゲハの3種の交配は種内交配と殆んど同程度の受精率，ふ化率等を有している．

（4） 1対のクロキアゲハ♀×ロッーキーキアゲハ♂より78♂♂と1⚥を得，2対のロッキーキアゲハ♀×クロキアゲハ♂から10♂♂と20♀♀を得た．成虫は殆んどクロキアゲハと同様で，♂♀共に生殖可能であった．

（5） キアゲハ×ロッキーキアゲハの3対の交配から3♀♀2♂♂を得た．成虫は大体両親の中間となった．

（6） クロキアゲハ×キアゲハの1対の交配から6♂♂3♀♀1⚥を得たが，成虫は後翅眼状紋が両親の中間である以外は，ほぼクロキアゲハと同様であった．

（7） アゲハ×キアゲハ， アゲハ×クロキアゲハ， アゲハ×ロッキーキアゲハの3種の交配では大部分の卵が受精し，過半数に近くふ化したが，得られた成虫はすべて小形で♂のみであった．

（8） 上記の3交配より得られた成虫数及び外見は夫々，11対より29頭（両親の中間）3対より10頭（クロキアゲハに似る），1対より5頭（両親の中間）であった． 食草は主にセリを用い，第1第2の交配ではカラタチも用いた．幼虫，蛹は夫々大体両親の中間となった．

（9） アゲハ×クロアゲハ，モンキアゲハ，オナガアゲハ，ナガサキアゲハの4種の交配は夫々数対又はそれ以上より卵を得た． 受精率， ふ化率等は一般に非常に低く， 最良の結果を得たアゲハ×オナガアゲハの交配でも，3令幼虫の終期に達したのみであった．

(10) アゲハ×カラスアゲハ，ミヤマカラスアゲハの交配の受精率，ふ化率等も非常に低く夫々1令幼虫，2令幼虫で死亡した．

(11) アゲハ×メスグロオオトラフアゲハの1対の交配の受精率は高かったが，ふ化したのは1頭のみで蛹期で死亡した．幼虫，蛹は小形である他はメスグロオオトラフアゲハと同様で，食草にはユリノキを用いた．

(12) モンキアゲハ×クロアゲハ，シロオビアゲハ×クロアゲハ，シロオビアゲハ×モンキアゲハの3種の交配では，大部分の卵が受精し過半数がふ化したが，得られた成虫はやや小形ですべて♂であった．

(13) 上記の3交配より得られた成虫数及び外見は夫々， 5対より15頭（両親の中間），1対より4頭(両親の中間)，1対より18頭（シロオビアゲハに似る）であった． 幼虫，蛹も大体両親の中間であって，食草は主としてナツミカンを用いた．

(14) ナガサキアゲハ×モンキアゲハ，ナガサキアゲハ×オナガアゲハ，オナガアゲハ×クロアゲハの夫々1対の交配は，夫々蛹期（2頭）蛹期（1頭）5令幼虫期（1頭）に達した．

(15) カラスアゲハとミヤマカラスアゲハの1対の交配からほぼ両親の中間となった2♂♂を得た．幼虫の食草にはイヌザンショウを用いた．

(16) カラスアゲハ×クスノキアゲハの交配で2個の受精卵を確認したがふ化しなかった．

(17) カラスアゲハ×モンキアゲハの健全な5対の交配から得た189卵のいずれからも発生開始を認め得なかった．

(18) キアゲハ，クロキアゲハ，ロッキーキアゲハは互に非常に近縁と考えられるが，ロッキーキアゲハの1化性が雑種において複雑な遺伝様式を示すものと思われ，顕著な逆交配の差を生じた．

(19) アゲハは上記の3種に対して非常に近縁ではなく，種間交配の点からアゲハをキアゲハ群の典形的な一員とすることは出来ない．

(20) アゲハと〝クロアゲハ群〟は幼虫の色彩が類似しているが，その関係はアゲハとキアゲハ群の間の関係よりはるかにはなれている．

(21) 〃クロアゲハ群〃のチョウはキアゲハ群内の近縁関係には及ばないが, 互にかなりの近縁度を有するようである.

(22) アゲハとキアゲハ群の交配, 〃クロアゲハ群〃内の交配では HALDANE の法則が広く適用されるようである.

(23) 種間交配の受精率, ふ化率等は同種類の交配においても, 各交配毎の変動は大きく, 少数の交配からその種間交配の一般的な受精率, ふ化率等を推定することは危険である.

(24) 種間雑種の食性は, 各種の自然状態の食草のみでなくその種が研究室内で半強制的に用い得る食草と比較して研究しなければならない.

(25) 日本のアゲハチョウ属の種間雑種が自然界で生じている可能性は存在する.

後記

最初に記したようにこの研究は現在進行中であり, その結果がまとまるまでにはなお長年月を必要とする. 又現在の交配・飼育方法では, 望みの時に必要な種間雑種を得ることは困難であって, 多数の特定の材料を用意しても全く成功しない場合も多く, 多くの種類の材料を用いて, 交配に成功したものについて研究を続けてゆく他はない. 従って今後も広く研究を進めてゆくと共に, 徐々に同種類のデーターを集めてゆきたいと思っている. 又これまでに得られた種間雑種の生殖能力についても特に力を注ぐ予定である.

終にこの発表の機会を与えていただいた日本鱗翅学会の方々, この研究に対して指導助言をいただいた駒井卓, 中村健児, C. L. REMINGTON, 磐瀬太郎, 白水 隆の各先生始め諸先生方に感謝の意を表すると共に, 材料の採集に直接, 間接の協力をいただいた下記の方々に紙面をかりてお礼をのべさせていただきたい. 五十嵐邁 猪本 功, 磐瀬太郎, 川崎 汎, 葛谷 健, 小宮元也, 白水 隆, 大胡 武, 高倉忠宏, 高橋 昭, 高橋真弓, 中村慎吾, 林 慶, 前木孝道, 三山勲夫, 山口哲彰.

なお北米産のチョウは農林省より南山大学に与えられた許可にもとづいて, REMINGTON 博士の協力により輸入したものである.

引用文献

AE, S. A. (1959) A study of hybrids in *Colias* (Lepidoptera, pieridae). Evolution 13:64-88.

——— (1960) A study of hybrids between *Papilio xuthus* and the *P. polyxenes-machaon* group. Journ. Lepid. Soc. 14:5—18

——— (1962) A study of hybrids in black swallowtails in Japan. Journ. Lepid. Soc. 15:175-190

——— in press. A study of hybrids in the *Papilio machaon* group.

CLARKE, C. A. & P. M. SHEPPARD (1953) Further observations on hybrid swallowtails. Supplement to the Entomologist's Record. 65: No. 9.

——— (1955) A preliminary report on the genetics of the *machaon* group of swallowtail butterflies. Evolution 9: 182-201.

——— (1956) A further report on the genetics of the *machaon* group of swallowtail butterflies. Evolution 10: 66-73.

——— (1959a) The genetics of some mimetic forms of *Papilio dardanus*, BROWN, and *Papilio glaucus*, LINN. J. of Genetics 56: 236-260.

——— (1959b) The genetics of *Papilio dardanus*, BROWN. I. Race *cenea* from South Africa. Genetics: 44: 1347-1358.

——— (1960a) The genetics of *Papilio dardanus*, BROWN. II. Races

dardanus, *polytrophus*, *meseres*, and *tibullus*. Genetics 45: 439-457.

―――――――――――― (1960b) The evolution of dominance under disruptive selection. Heredity 14: 73-87.

―――――――――――― (1960c) The evolution of mimicry in the butterfly *Papilio dardanus*. Heredity 14: 163-173.

Remington, C. L., (1958.) Genetics of populations of Lepidoptera. Proc. X. int. Congress ent. 2: 787-805.

―――――― (1960) Wide experimental crosses between *Papilio xuthus* and other species. Journ. Lepid. Soc. 13: 151-164.

梅木 功 (1954) キアゲハとアゲハの雑交, Saphirinus 2(4): 68.

二竹東正 (1956) ナガサキアゲハとオナガアゲハの雑交, 新昆虫 9(10): 52—53.

白水 隆 (1959) 原色昆虫大図鑑 第1巻（蝶・蛾篇）の蝶の部（北隆館）17

白水 隆 (1960) 原色台湾蝶類大図鑑（保育社）31—54.

Summary

Fundamental differences which separate species have been studied in interspecific hybrids of Japanese and North American *Papilio* at Rocky Mountain Biological Laboratory, U. S. A. in 1957 and at Nanzan University, Japan from 1958 to clarify a process of differenciation of species. Namely affinity of species has been surveyed through egg fertility, percentage of larval formation within egg shell, hatchability etc. of interspecific hybridizations and fertility of interspecific hybrids. Genetics of visible characters which separate species has also been studied. An outline of the obtained results is presented here as a preliminary report.

All matings were performed by handpairing and eggs were obtained under fluorescent light. Cages of about 30 cm. cube were used for the rearings of larvae.

Egg fertility, hatchability etc. of *polyxenes* × "*brucei*", *hippocrates* × "*brucei*" and *polyxenes* × *hippocrates* are as high as intraspecific mating. From a pair of *polyxenes* female × "*brucei*" male, 78 males and 1 gynandromorph were obtained. From two pairs of the reciprocal crosses, 10 males and 20 females were obtained. Male pupae of them, which pupated in summer, emerged next spring after overwintering, but females of the same brood emerged during the same summer. These differences may due to an abnormal inheritance of voltine differences between "*brucei*" and *polyxenes*. These F_1 hybrids resembled *polyxenes* and were fertile. From three pairs of *hippocrates* × "*brucei*", 3 females and 2 males were obtained. The appearances were intermediate of the parents. From a pair of *hippocrates* × *polyxenes*, 6 males, 3 females, and 1 gynandromorph were obtained. The adults resembled *polyxenes*.

In *xuthus* × *hippocrates*, *polyxenes*, and "*brucei*", most of the eggs were fertilized and about half of the eggs were hatched. The adults obtained were all males and small. The number of adults obtained were respectively 29 (intermediate) from 11 pairs, 10 (resemble *polyxenes*) from 3 pairs, and 5 (intermediate) from 1 pair. Umbelliferae and Rutaceae were used as their larval food.

In *xuthus* × *protenor*, *helenus*, *macilentus*, and *memnon*, eggs were obtained from more than several pairs in each kind. Egg fertility and hatchability etc. were very low in general. The

larvae reached the end of the 3rd instar in the best case (*xuthus* × *macilentus*). In *xuthus* × *bianor* and *maackii*, egg fertility and hatchability etc, were very low and the larvae died respectively in the 1st and 2nd instar. Egg fertility of a pair of *glaucus* × *xuthus* were very high, but only one larva hatched and it reached pupal stage and died.

In *protenor* × *helenus* (5 pairs), *polytes* × *protenor* (1 pair), and *polytes* × *helenus* (1 pair), most of the eggs were fertilized and more than half of the eggs were hatched. The number of adults obtained were respectively 15 (intermediate), 4 (intermediate), and 18 (resemble *polytes*) and all were males. From *memnon* × *helenus*, *macilentus* × *memnon*, and *macilentus* × *protenor*, 2 pupae, one pupa, and one 5th instar larva were obtained respectively. From a pair of *bianor* × *maackii*, two males were obtained and they were intermediate of the parental species. Two fertile eggs were obtained from *bianor* × *troilus*, but they did not hatch. Crossing of *bianor* × *helenus* seems entirely infertile.

P. xuthus may not be a typical member of the *P. machaon* group, but it is also not close to "*P. protenor*" group. Affinity within the "*P. protenor*" group is not so high as affinity within the typical *P. machaon* group. HALDANE's rule is applied for interspecific hybrids between *P. xuthus* and the *P. machaon* group and between *P. helenus* and *P. protenor* or *P. polytes*.

Egg fertility and hatchability etc. are highly variable in each crossing of a same kind. Therefore, many crossing must be performed to obtain a general egg fertility and hatchability etc. in one kind of interspecific hybridization. Food plants of interspecific hybrids must be studied in comparison with natural food plants and semi-forced food plants in captivity of the parental species.

There is a possibility of an existence of natural interspecific hybrids of *Papilio* in Japan.

Explanations of the following tables

(A) Number of crosses (B) Number of eggs laid (C) Fertile eggs
(D) Turned black (formation of larva within egg shell) (E) Hatched (F) 2nd instar larvae
(G) 3rd instar larvae (H) 4th instar larvae
a – laid some eggs b – laid some eggs which contained fertile ones Fa – F_1 of "*brucei*" × *polyxenes*. Fb – F_1 of *polyxenes* × "*brucei*".

第1表 キアゲハ群の種間交配

交配	交配数 (A)	産卵数 (B)	受精卵 (C)	黒化卵 (D)	ふ化数 (E)
クロキアゲハ♀×ロッキーキアゲハ♂ (*polyxenes*×"*brucei*")	2	286	277 96.9%	—	267 93.4%
ロッキーキアゲハ♀×クロキアゲハ♂ ("*brucei*"×*polyxenes*)	2	251	249 99.2%	242 96.4%	235 93.6%
Fa ♀ × Fb ♂	3	87	80 91.9%	—	—
ロッキーキアゲハ♀ × キアゲハ♂ ("*brucei*"×*hippocrates*)	3	120	116 96.7%	—	110 91.7%
キアゲハ♀ × ロッキーキアゲハ♂ (*hippocrates*×"*brucei*")	1	67	66 98.5%	64 95.5%	62 92.5%
キアゲハ♀ × クロキアゲハ♂ (*hippocrates*×*polyxenes*)	2	85	84 98.8%	82 96.5%	79 92.9%

Fa……ロッキーキアゲハ♀×クロキアゲハ♂の第1代雑種.
Fb……クロキアゲハ♀×ロッキーキアゲハ♂の第1代雑種.
A～E 英文要約のための符号.

第2表 キアゲハとアゲハの種間交配

交配	母	父	産卵数 (B)	受精卵 (C)	黒化卵 (D)	ふ化数 (E)
キアゲハ♀ × アゲハ♂ (*hippocrates*×*xuthus*)	H-3	X-18	62	58	58	33
〃	H-29-13	X-85	4	3	2	1
〃	H-29-16	X-96	14	9	9	2
〃	H-29-15	X-94	2	1	1	0
〃	H-34-2	X-127	2	2	2	0
〃	H-34-5	X-129	45	39	38	15
アゲハ♀ × キアゲハ♂ (*xuthus*×*hippocrates*)	X-26	H-5	199	189	189	179
〃	X-70	H-30	167	163	163	55
〃	X-97	H-33	4	4	4	4
〃	X-103	H-36	12	10	10	7
〃	X-107	H-36	23	11	11	11

第3表　キアゲハ群とアゲハの種間交配

交配	交配数 (A)	産卵数 (B)	受精卵 (C)	黒化卵 (D)	ふ化数 (E)
キアゲハ♀ × アゲハ♂ (*hippocrates* × *xuthus*)	6	129	112 86.8%	111 86.0%	51 39.5%
アゲハ♀ × キアゲハ♂ (*xuthus* × *hippocrates*)	5	405	377 93.1%	377 93.1%	256 63.2%
クロキアゲハ♀ × アゲハ♂ (*polyxenes* × *xuthus*)	3	155	98 63.2%	81 52.3%	53 34.2%
アゲハ♀ × クロキアゲハ♂ (*xuthus* × *polyxenes*)	1	36	23 63.9%	23 63.9%	0
ロッキーキアゲハ♀ × アゲハ♂ (*"brucei"* × *xuthus*)	1	109	98 89.9%	97 89.0%	30 27.5%
アゲハ♀ × ロッキーキアゲハ♂ (*xuthus* × *"brucei"*)	1	64	60 93.8%	52 81.3%	4 6.3%

第4表　"クロアゲハ群" とアゲハの種間交配

交配	交配数 (A) a	交配数 (A) b	産卵数 (B) (bのみ)	受精卵 (C)	黒化卵 (D)	ふ化数 (E)	2令幼虫 (F)	3令幼虫 (G)	4令幼虫 (H)
クロアゲハ♀ × アゲハ♂ (*protenor* × *xuthus*)	5	1	11	1 9.1%	0				
アゲハ♀ × クロアゲハ♂ (*xuthus* × *protenor*)	12	6	248	40 16.1%	39 15.7%	2 0.8%	0		
アゲハ♀ × モンキアゲハ♂ (*xuthus* × *helenus*)	9	7	217	70 30.9%	46 21.2%	2 0.9%	0		
アゲハ♀ × オナガアゲハ♂ (*xuthus* × *macilentus*)	5	4	121	63 52.3%	61 50.4%	29 24.0%	23 19.8%	3 2.5%	0
ナガサキアゲハ♀×アゲハ♂ (*memnon* × *xuthus*)	2	2	24	7 29.1%	7 29.1%	0			
アゲハ♀×ナガサキアゲハ♂ (*xuthus* × *memnon*)	3	2	66	16 24.2%	16 24.2%	9 13.6%	4 6.1%	0	

第5表の1　アゲハとカラスアゲハ群の種間交配

交配	交配数 (A) a	交配数 (A) b	産卵数 (B) a	産卵数 (B) b	受精卵 (C)	黒化卵 (D)	ふ化数 (E)	2令幼虫 (F)	3令幼虫 (G)
カラスアゲハ♂ × アゲハ♂ (*bianor* × *xuthus*)	9	1	222	11	—	1 9.1%	0		
アゲハ♀ × カラスアゲハ♂ (*xuthus* × *bianor*)	11	2	110	36	3 8.3%	2 5.6%	0		
アゲハ♀×ミヤマカラスアゲハ♂ (*xuthus* × *maackii*)	3	2	155	40	7 17.5%	7 17.5%	7 17.5%	2 5.0%	0

第5表の2　アゲハとメスグロオオトラフアゲハの種間交配

交配	交配数 (A) a	b	産卵数 (B) a	b	受精卵 (C)	黒化卵 (D)	ふ化数 (E)	2令幼虫 (F)	3令幼虫 (G)
メスグロオオトラフアゲハ♀×アゲハ♂ (*glaucus*×*xuthus*)	2	1	90	65	51 78.3%	50 76.9%	1 1.5%	1	1 (蛹化)
アゲハ♀×メスグロオオトラフアゲハ♂ (*xuthus*×*glaucus*	1	0	80	0					

第6表 〃クロアゲハ群〃の種間交配

交配	交配数 (A)	産卵数 (B)	受精卵 (C)	黒化卵 (D)	ふ化数 (E)
クロアゲハ♀ × モンキアゲハ♂ (*protenor* × *helenus*)	4	195	141 72.4%	122 62.6%	116 59.4%
モンキアゲハ♀ × クロアゲハ♂ (*helenus* × *protenor*)	1	29	13 44.8%	12 41.4%	9 31.0%
シロオビアゲハ♀ × クロアゲハ♂ (*polytes* × *protenor*)	1	20	19 95.0%	19 95.0%	19 95.0%
シロオビアゲハ♀×モンキアゲハ♂ (*polytes* × *helenus*)	1	86	67 77.9%	62 72.1%	56 65.1%
ナガサキアゲハ♀×モンキアゲハ♂ (*memnon* × *helenus*)	1	27	21 77.8%	21 77.8%	8 29.6%
オナガアゲハ♀×ナガサキアゲハ♂ (*macilentus* × *memnon*)	1	2	2	2	2
オナガアゲハ♀ × クロアゲハ♂ (*macilentus* × *protenor*)	1	5	5	5	2
クロアゲハ♀ × オナガアゲハ♂ (*protenor* × *macilentus*)	1	20	7	2	0

第7表 その他の種間交配

交配	交配数 (A) a	b	産卵数 (B) a	b	受精卵 (C)	黒化卵 (D)	ふ化数 (E)
カラスアゲハ♀×ミヤマカラスアゲハ♂ (*bianor*×*maackii*)	2	1	40	38	—	7	4
カラスアゲハ♀×クスノキアゲハ♂ (*bianor*×*troilus*)	2	1	29	3	—	2	0
カラスアゲハ♀×モンキアゲハ♂ (*bianor*×*helenus*)	5	0	189	0	—	0	

Explanation of figures

第１図～第18図　種間交配に用いた種 (parental species)

第１図　キアゲハ (*P. hippocrates*) ♂ 春型 (spring form)
第２図　〃 〃 ♀ 〃 〃
第３図　〃 〃 ♂ 夏型 (summer form)
第４図　〃 〃 ♀ 〃 〃
第５図　クロキアゲハ (*P. polyxenes*) ♂
第６図　〃 〃 ♀
第７図　ロッキーキアゲハ(*P.″brucei″*) ♂
第８図　〃 〃 ♀
第９図　アゲハ (*P. xuthus*) ♂
第10図　クロアゲハ (*P. protenor*) ♂
第11図　モンキアゲハ (*P. helenus*) ♂
第12図　オナガアゲハ (*P. macilentus*) ♂
第13図　ナガサキアゲハ (*P. memnon*) ♂
第14図　シロオビアゲハ (*P. polytes*) ♂
第15図　カラスアゲハ (*P. bianor*) ♂ 夏型 (summer form)
第16図　ミヤマカラスアゲハ (*P. maackii*) ♂ 春型 (spring form)
第17図　メスグロオオトラフアゲハ (*P. glaucus*) ♂
第18図　クスノキアゲハ (*P. troilus*) ♂

第19図～第31図　第１代雑種　(F_1 hybrids)

第19図　クロキアゲハ×ロッキーキアゲハ (*polyxenes*×*″brucei″*) ♂
第20図　ロッキーキアゲハ×クロキアゲハ (*″brucei″*×*polyxenes*) ♀
第21図　クロキアゲハ×ロッキーキアゲハ (*polyxenes*×*″brucei″*) ⚥
第22図　キアゲハ×ロッキーキアゲハ (*hippocrates*×*″brucei″*) ♂
第23図　ロッキーキアゲハ×キアゲハ (*″brucei″*×*hippocrates*) ♀
第24図　キアゲハ×クロキアゲハ (*hippocrates*×*polyxenes*) ⚥
第25図　キアゲハ×アゲハ (*hippocrates*×*xuthus*) ♂
第26図　クロキアゲハ×アゲハ (*polyxenes*×*xuthus*) ♂
第27図　ロッキーキアゲハ×アゲハ (*″brucei″*×*xuthus*) ♂
第28図　クロアゲハ×モンキアゲハ (*protenor*×*helenus*) ♂
第29図　シロオビアゲハ×クロアゲハ (*polytes*×*protenor*) ♂
第30図　シロオビアゲハ×モンキアゲハ (*polytes*×*helenus*) ♂
第31図　カラスアゲハ×ミヤマカラスアゲハ (*bianor*×*maackii*) ♂

第32図～第39図　種間交配に用いた種の蛹 (pupae of parental species)

第32図　キアゲハ (*P. hippocrates*)
第33図　アゲハ (*P. xuthus*)
第34図 a　クロアゲハ (*P. protenor*)
〃 b 〃 〃

第35図 モンキアゲハ (*P. helenus*)
第36図 オナガアゲハ (*P. macilentus*)
第37図 ナガサキアゲハ (*P. memnon*)
第38図 シロオビアゲハ (*P. polytes*)
第39図 カラスアゲハ (*P. bianor*)

第40図～第47図 第1代雑種の蛹 (pupae of F_1 hybrids)

第40図 キアゲハ×アゲハ (*hippocrates*×*xuthus*)
第41図 メスグロオオトラフアゲハ×アゲハ (*glaucus*×*xuthus*)
第42図 クロアゲハ×モンキアゲハ (*protenor*×*helenus*)
第43図 シロオビアゲハ×クロアゲハ (*polytes*×*protenor*)
第44図 シロオビアゲハ×モンキアゲハ (*polytes*×*helenus*)
第45図 ナガサキアゲハ×モンキアゲハ (*memnon*×*helenus*)
第46図 オナガアゲハ×ナガサキアゲハ (*macilentus*×*memnon*)
第47図 カラスアゲハ×ミヤマカラスアゲハ (*bianor*×*maackii*)

第48図～第55図 種間交配に用いた種の終令幼虫 (last instar larvae of parental species)

第48図 キアゲハ (*P. hippocrates*)
第49図 アゲハ (*P. xuthus*)
第50図 クロアゲハ (*P. protenor*)
第51図 モンキアゲハ (*P. helenus*)
第52図 オナガアゲハ (*P. macilentus*)
第53図 ナガサキアゲハ (*P. memnon*)
第54図 シロオビアゲハ (*P. polytes*)
第55図 カラスアゲハ (*P. bianor*)

第56図～第63図 第1代雑種の終令幼虫 (last instar larvae of F_1 hybrids)

第56図 a キアゲハ×アゲハ (*hippocrates*×*xuthus*)
〃 b 〃 〃
第57図 メスグロオオトラフアゲハ×アゲハ (*glaucus*×*xuthus*)
第58図 クロアゲハ×モンキアゲハ (*protenor*×*helenus*)
第59図 シロオビアゲハ×クロアゲハ (*polytes*×*protenor*)
第60図 シロオビアゲハ×モンキアゲハ (*polytes*×*helenus*)
第61図 ナガサキアゲハ×モンキアゲハ (*memnon*×*helenus*)
第62図 オナガアゲハ×ナガサキアゲハ (*macilentus*×*memnon*)
第63図 カラスアゲハ×ミヤマカラスアゲハ (*bianor*×*maackii*)

1 6 11

2 7 12

3 8 13

4 9 14

5 10 15

16 21 26

17 22 27

18 23 28

19 24 29

20 25 30

31 36 42

32 37 43

33 38 44

34a 39 45

34b 40 46

35 41 47

48 54 59

49 55 60

50 56a 61

51 56b 62

52 57 63

53 58